

оценок эмиссии CO₂ в некоторых металлургических процессах // Сталь. 2011. С. 74–77.

6. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А.В. Сквозная эмиссия диоксида углерода в тандеме процессов COREX и ЭДП // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Серия: Инженерная экология. Выпуск: VI. М.; 2011. С. 50–53.

7. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Сквозная эмиссия диоксида углерода в процессе ХИЛ–3 (HYL–3). Сборник ТИМ2012.

УДК 669.042

К. А. Щипанов, Н. А. Спирин

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПУСКОМ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

*Работа выполнена при финансовой поддержке УрФУ
в рамках реализации Программы развития УрФУ
для победителей конкурса «Молодые ученые УрФУ»*

Аннотация

В докладе отражены результаты разработки комплекса математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения для расчета шихты заполнения доменной печи, ее расположения по высоте печи, выбора оптимальных дутьевых и газодинамических параметров при задувке с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления, а также при традиционной задувке доменной печи. Разработанное программное обеспечение расчета состава шихты может быть использовано для расчета параметров шихты заполнения применительно к условиям работы различных металлургических предприятий.

Ключевые слова: задувка доменной печи, дутьевой режим, газодинамика, шлакообразование, математическая модель, программное обеспечение

Abstract

The results of working out of mathematical models, algorithms and software for calculation of blast furnace filling-up with charge, its arrangement on the furnace height, selection of optimum blowing and gas-dynamic parameters at blowing-in with controlled process of slag formation, and also at traditional blowing-in of blast furnace. The developed software for calculation of charge parameters as applied to working conditions of various metallurgical plants.

Keywords: blowing-in of blast furnace, blasting mode, gas kinetics, slag formation, mathematical model, software

Теоретическая разработка различных явлений доменного процесса и методов практического управления им значительно выросла за последние годы. Однако до настоящего времени остается еще ряд вопросов, имеющих большое научное и практическое значение для доменного производства. К ним, в том числе, относятся вопросы задувки доменных печей.

Задувка доменной печи и последующий раздувочный период являются ответственными операциями, от правильного выполнения которых зависит нормальная работа печи, продолжительность ее службы, количество и длительность промежуточных ремонтов.

При задувке должны быть обеспечены следующие условия [1–3]:

- 1) нормальное тепловое состояние печи;
- 2) хороший дренаж жидких продуктов в горне;
- 3) нормальные дутьевой и газодинамический режимы;
- 4) сохранность футеровки печи при заполнении задувочной шихтой;
- 5) безаварийность работы печи;
- 6) быстрый переход к нормальной работе с получением заданных составов шлака и чугуна;
- 7) достижение установленных технологических показателей плавки.

Анализ имеющихся данных о проведении задувок на различных металлургических комбинатах показывает, что данное направление теоретически мало изучено, отсутствуют единые научно обоснованные методы выбора состава шихты заполнения и дутьевых параметров.

Таким образом, цель работы заключается в разработке математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения для расчета оптимальных режимов (тепловой, шлаковый, дутьевой и газодинамический) работы доменной печи во время ее пуска.

При разработке математической модели доменного процесса в период задувки учитывались, во-первых, его специфика, а во-вторых, особенности решаемых задач. Так, при задувке доменной печи требуется учесть такие технологические особенности, как отсутствие железорудных материалов, флюсов в нулевой шихте, необходимость моделирования шлакового режима и выбора оптимального состава загружаемых в печь материалов, особенности газодинамического режима, обусловленного малой насыпной массой слоя шихты, особенности теплового режима, обусловленного необходимостью восстановления железорудных материалов в шахте и нагревом футеровки в нижней части печи.

Доменный процесс представляет собой совокупность явлений газодинамики, движения шихты, теплообмена, восстановления, размягчения и других, которые могут рассматриваться как относительно независимые подсистемы, так как характеризуют различные стороны доменного процесса и описываются различными уравнениями.

В основу модели расчета положены следующие основные идеи [4–5]:

- 1) разделение процессов шлакообразования и восстановления;
- 2) обеспечение нормальных режимов работы печи;
- 3) использование известных физических закономерностей, присущих доменной плавке;
- 4) использование принципа системного анализа (декомпозиция системы на отдельные блоки – подсистемы);
- 5) описание отдельных подсистем с использованием уравнений материального и теплового балансов, проверенных эмпирических соотношений, а также опыта задувок;

б) использование математического программирования для выбора оптимального состава шихты заполнения, дутьевых и газодинамических параметров.

Согласно методике расчета форсированной задувки доменной печи загружаемая в печь шихта делится на три части – нулевую, первую и вторую. Структура математической модели расчета шихты заполнения с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления и представлена на рис. 1.

Регулирование высоты расположения первых порций шлакообразующих и железорудных материалов необходимо для улучшения тепловой подготовки горна печи, а также для обеспечения достаточной тепловой и восстановительной обработки железорудных материалов до их поступления в горн печи. В связи с этим требуется определить оптимальное расположение железорудных материалов и флюсов по высоте печи.

Функциональные возможности разработанного программного обеспечения:

1. Ведение справочников:
 - 1.1. Конструктивные характеристики доменных печей;
 - 1.2. Шлакообразующие материалы и флюсы;
 - 1.3. Железорудные материалы;
 - 1.4. Кокс.

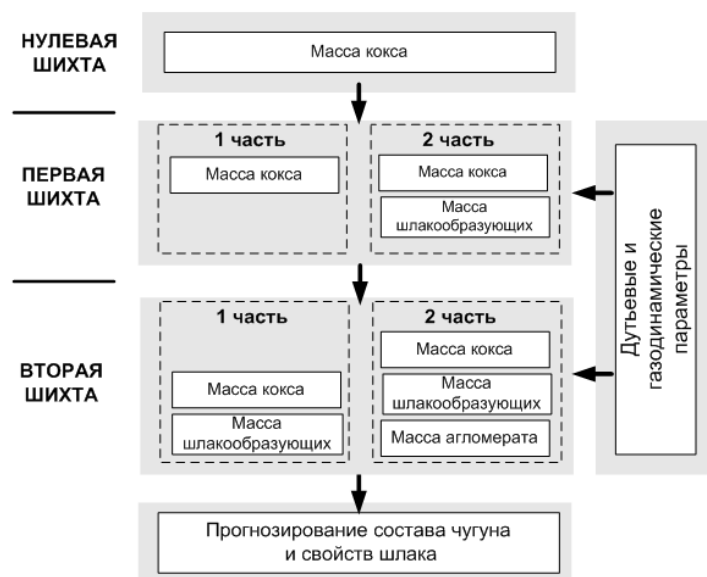


Рис. 1. Структура математической модели расчета шихты заполнения с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления

2. Настройка пакета на конкретные условия функционирования объекта расчета – доменной печи:
 - 2.1. Выбор из справочника конструктивных параметров доменной печи.
 - 2.2. Выбор из справочников компонентов шихты заполнения, которые будут участвовать в расчете – железорудные материалы, шлакообразующие материалы и флюсы, кокс.

- 2.3. Задание изменения во времени дутьевых параметров – давление, расход, температура и влажность дутья, расход природного газа и кислорода, давление колошниковога газа.
- 2.4. Определение требований к параметрам жидких продуктов плавки – химический состав и температура чугуна, химический состав шлака, основность и вязкость шлака.
- 2.5. Настройка и выбор теплотехнических параметров (теплоемкости чугуна, шлака, кокса, материалов футеровки печи и др.).
- 2.6. Настройка и выбор прочих характеристик процесса (нормативно-справочная информация).
3. Расчет состава шихты и свойств шлака при заданных пользователем расходах шлакообразующих материалов и флюсов.
4. Расчет оптимального состава шихты заполнения и подбор дутьевых параметров с учетом ограничений на тепловой, шлаковый, газодинамический режимы и качество получаемого чугуна при любых заданных комбинациях входных параметров.
5. Вывод результатов расчета в отчеты:
 - 5.1. «Компонентный состав шихты» – количество и объем кокса, железорудных, шлакообразующих и флюсующих материалов в нулевой, первой и второй шихте, в том числе суммарное количество и объем материалов.
 - 5.2. «Состав и свойства шлака» – химический состав, основность шлака, вязкость шлака при температурах 1400 и 1500 °С.
 - 5.3. «Прогноз серы в чугуне» – равновесный и фактический коэффициенты распределения серы между чугуном и шлаком, прогнозное содержание серы в чугуне.
 - 5.4. «Газодинамика» – изменения во времени газодинамических характеристик процесса – перепад давления газа, степень уравнивания шихты газом, теоретическая температура горения.
 - 5.5. «Расположение шихты в объеме печи» – в табличном и графическом виде показано расположение компонентов шихты заполнения в объеме печи.
6. Представление результатов расчета в табличном и графическом виде.
7. Возможность экспорта исходных данных и результатов расчета в электронные таблицы Excel.
8. Сохранение в базе данных и повторное использование в дальнейшем различных вариантов расчета.

Выводы

Разработанный комплекс математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения предназначен для расчета шихты заполнения доменной печи, ее расположения по высоте печи, выбора оптимальных дутьевых и газодинамических параметров, который может быть использован при задувке с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления, а также при традиционной задувке доменной печи. Функциональные возможности программного обеспечения «Расчет шихты заполнения» позволяют оперативно решать оптимизационные задачи выбора состава шихты заполнения, дутьевого, газодинамического и

шлакового режимов, исследовать влияние различных входных факторов на выбор состава шихты заполнения и дутьевых параметров.

Список использованных источников

1. Чернобривец Б. Ф. Капорулин В. В., Завидонский В. А. Практика доменного производства. – М.: Металлургия, 1992. – 111 с.
2. Жембус М. Д., Монаршук А. П., Зуенок Г. А. Применение азота при раздувке доменных печей // Металлургическая и горнорудная промышленность. № 2, 1986. С. 7–9.
3. Улахович В. А., Можаренко Н. М. и др. Раздувка мощной доменной печи объемом 5500 // Сталь. № 1. 1988. С. 12–18.
4. Спирин Н. А., Лавров В. В., Рыболовлев В. Ю., Краснобаев А. В., Онорин О. П., Косаченко И. Е. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
5. Щипанов К. А. Спирин Н. А., Онорин О. П. Математическая модель расчета задувочной шихты доменной печи с регулируемым процессом шлакообразования и восстановления // Известия вузов. Черная металлургия. № 6. 2006. С. 66–67.

УДК 669.042

Б. П. Юрьев*, В. А. Гольцев*, А. О. Еремин**

* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия,

** Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА СИДЕРИТОВОЙ РУДЫ

Аннотация

На основе результатов промышленных исследований шахтных печей и расчетных данных оценено влияние вещественного состава исходной сидеритовой руды на показатели процессов обжига и обогащения. Показано, что при оценке качества исходной руды необходимо прежде всего учитывать содержание в ней монооксида железа, от окисления которого зависит приход теплоты в зону обжига и степень компенсации эндотермических эффектов реакций разложения карбонатов. Рассмотрены достоинства принципиально новой схемы охлаждения обожженной руды на реконструированной шахтной печи, которая за счет утилизации теплоты нагретого материала и передачи ее в зону обжига позволила снизить удельный расход топлива и повысить производительность печи. Рассмотрены мероприятия по повышению эффективности работы шахтных печей и последующего обогащения руды.